

## PENGARUH HIDROLIKA SUNGAI TERHADAP KOEFISIEN REAERASI SUNGAI GARANG

Edo Susanto <sup>\*)</sup>, Anik Sarminingsih <sup>\*\*)</sup>, Winardi Dwi Nugraha <sup>\*\*)</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
Email : [Sedos7@yahoo.com](mailto:Sedos7@yahoo.com)

### Abstrak

Alam memiliki kemampuan mengatasi masalah pencemaran yang terjadi akibat kegiatan manusia. Kemampuan ini disebut *Self purification* yang dapat menurunkan cemaran organik. Nilai Koefisien reaerasi  $K_2$  menjadi nilai yang penting untuk dicari nilainya dalam mekanisme *self purification*. Perubahan konsentrasi DO dan BOD menjadi komponen penting dalam menemukan nilai  $K_2$ . Sungai Garang yang terdapat effluent limbah dari TPA Jatibarang yang berpotensi mencemari badan air. Penyelidikan baik itu nilai maupun model dari  $K_2$  dari Sungai Garang serta pengaruhnya oleh hidrolika sungai diperlukan dalam pemantauan maupun pengendalian ke depannya. Model Garang merupakan pengembangan dan validasi dari serangkaian metode statistik yang kinerjanya juga di validasi dengan 11 model yang telah diakui secara internasional. Secara kualitas Sungai Garang memiliki nilai BOD di atas baku mutu kelas 1 Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

**Kata kunci :** Koefisien reaerasi, *self purification*, hidrolika sungai, model, BOD, DO

### Abstract

**[Effect Of River Hydraulics To Coefficient Of Reaeration In Garang River].** Nature has the ability to solve pollution problems caused by human activity. This capability is called *Self-purification* which can degrade organic contaminants. Re-aeration coefficient value  $K_2$  becomes a value that is important to look for the value in self purification mechanism. Changes in the concentration of DO and BOD become an important component in finding the value of  $K_2$ . Garang river effluent which contained waste water from landfill Jatibarang potential to pollute water bodies. The investigation both the value and the model of  $K_2$  from Garang River and its influence by river hydraulics is required in monitoring and controlling the future. Model Garang is the development and validation of a set of statistical methods whose performance was also validated with 11 models that have been recognized internationally. In quality Garang River has BOD values above the standard class 1 of Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

**Keywords :** Reaeration coefficient, *Self Purification*, River Hydraulics, model, BOD, DO

### LATAR BELAKANG

Sungai merupakan bagian penting sebagai sumber daya, maupun daya dukung terhadap kegiatan manusia. Namun terkadang pemantauan kualitas,

maupun komponen-komponen sungai jarang dilakukan, padahal hal itu penting dalam rangka pemamamfaatkan dan pengendalian pencemaran yang ada di sungai.

Alam sebenarnya memiliki kemampuan mengatasi masalah pencemaran yang terjadi. Mekanisme ini, disebut *self purification*. Dalam mekanisme *self purification* koefisien reaerasi ( $K_2$ ) berperan penting, dimana semakin tinggi nilai koefisien reaerasi semakin baik juga sungai tersebut, karena dapat menangkap oksigen kedalam perairan sebanyak-banyaknya.

Menurut Keith (1981) koefisien reaerasi ( $K_2$ ) mengindikasikan kapasitas sungai untuk menangkap oksigen dan menurunkan limbah yg terkandung di dalam sungai.

## TINJAUAN PUSTAKA

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman dan hewan di dalam air. Oksigen terlarut dapat berasal dari proses fotosintesis tanaman air, di mana jumlahnya tidak tetap tergantung dari jumlah tanamannya, dan dari atmosfer (udara) yang masuk ke dalam air dengan kecepatan terbatas. Konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh bervariasi tergantung suhu dan tekanan atmosfer.

Mengetahui DO sarurasi / jenuh menjadi penting dalam proses menghitung koefisien reaerasi. Rumus yang digunakan

$$DO \text{ sat} = 14.652 - 0.41022 T + 0.0079910 T^2 - 0.00007774 T^3$$

Dimana, T = suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Untuk mencari nilai  $K_2$  persamaan berikut dapat digunakan :

$$K_2 = \frac{1}{t} \log \frac{D_0}{D}$$

Dimana, t= Waktu Aliran (hari)

$D_0$ = DO defisit stasiun awal

D= Do defisit Stasiun akhir

$$r_m = (L_{aA} - L_{aE}) + (D_A + D_B)$$

$$K_2 = r_m / D_m$$

$$D_m = \frac{D_A + D_B}{2}$$

Dimana,  $r_m$  = jumlah reaerasi

$L_{aA}$  = BOD stasiun A

$L_{aB}$  = BOD stasiun B

$D_A$  = DO stasiun A

defisit ( $D_0 - D_{sat}$ )

$D_B$  = DO stasiun B

defisit ( $D_0 - D_{sat}$ )

$D_m$  = Rata-rata defisit

$$K_2 = \frac{(L_{aA} - L_{aB})}{D_{sat} \cdot t}$$

Dimana,  $L_{aA}$  = BOD stasiun A

$L_{aB}$  = BOD stasiun B

$D_{sat}$  = DO jenuh (saturasi)

(mg/l)

t = waktu aliran (hari)

Pembuatan model dari data observasi diperlukan untuk mempermudah penelitian selanjutnya jika dilakukan di Sungai Garang. Penentuan model dapat menggunakan metode statistika, yaitu Regression Non Linear. Persamaan umum yang digunakan yaitu :

$$K_2 = a \frac{V^b}{H^c}$$

Dimana,  $K_2$  = Koefisien reaerasi ( $^{-1} \text{ day}$ )

V = Kecepatan (m/s)

H = Jari-jari Hidrolik (m)

a,b,c = Konstanta

Setelah terbentuknya model untuk wilayah penelitian, model tersebut

perlu divalidasi, yaitu dengan melihat kesamaan secara statistika, dan juga kemiripan dari grafik model dan observasi.

Operasional statistika yang digunakan antara lain SSE, SSR,  $R^2$ , RMSE, Adj  $R^2$

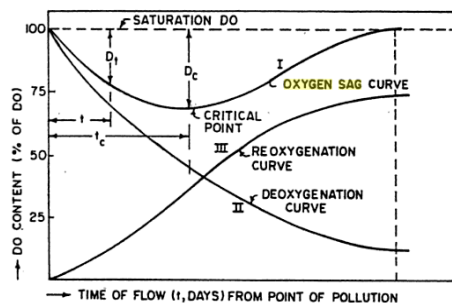
Setelah ditemukan nilai statistika dan penyamaan grafik, nilai-nilai tersebut di nilai secara urut, yaitu dengan menggunakan *Likert Scale* semakin baik nilai atau grafik dengan syarat, semakin besar peringkatnya.

Penghitungan *self purification* berfungsi untuk mengetahui kondisi sungai dan hal apa yang sedang dialami sungai.

Untuk mengetahui mekanisme apa yang sedang terjadi, dapat dilihat berdasarkan kurva sag *Oxygen* (pengurangan oksigen) dimana kita mengetahui mekanisme apa yang sedang terjadi dengan kurva tersebut

$D$  = Saturation DO – Actual DO

Dimana,  $D$  = Oksigen defisit



**Gambar 1 Kurva Deoksigenasi, Reaerasi, dan Pengurangan Oksigen**

Adapun persamaan-persamaan yang dapat digunakan antaralain :

$$D_t = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} [10^{-K_1 t} - 10^{-K_2 t}] + D_0 10^{-K_2 t}$$

Dimana,  $K_1$  = konstanta Deoksigenasi

$K_2$  = konstanta Reaerasi

$D_t$  = nilai defisit oksigen pada titik sumber pencemar pada

$L_0$  = BOD awal (BOD<sub>5</sub>)

$L_a$  = BOD total

$t$  = waktu (hari BOD)

Dan untuk mengetahui pada waktu mana  $D_0$  mengalami defisit kritis (*Critical Point*) dapat digunakan persamaan

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \log \frac{K_2}{K_1} \left( 1 - \frac{D_0 (K_2 - K_1)}{K_1 L_0} \right)$$

Dimana,  $t_c$  = waktu dimana DO kritis

$$L_{\text{critis}} = v \times t_c$$

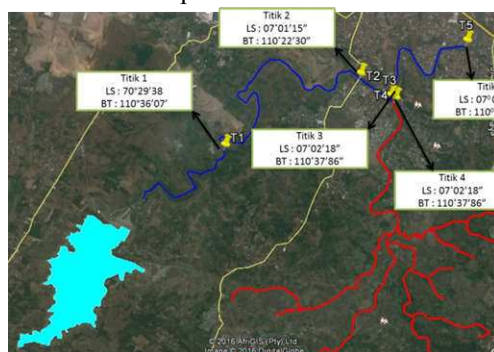
Untuk mengetahui kualitas sungai Garang digunakan . Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kelas 1

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan dengan rincian sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan  
Tahap ini merupakan langkah awal dalam penelitian yang meliputi :
  - a. Survey pendahuluan dan studi literatur untuk mengumpulkan berbagai informasi mengenai lokasi penelitian yang sesuai.
  - b. Pengumpulan berbagai referensi atau tinjauan pustaka, baik dari berbagai sumber buku maupun jurnal penelitian yang terkait dengan pembahasan dalam penelitian.
  - c. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel air di titik-titik sampel.
2. Tahap Pelaksanaan  
Tahap ini meliputi :
  - a. Pengambilan data primer di lapangan (pengambilan air sampel di titik-titik sampel, pengukuran debit sungai, dan

- pengujian konsentrasi parameter BOD dan DO) dan data sekunder dari lokasi penelitian.
- b. Pengolahan data untuk mencapai tujuan penelitian yang diinginkan.
3. Tahap Penyusunan Laporan  
Tahap ini meliputi :
    - a. Analisis data yang diperoleh sebagai tahapan utama dalam penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan berdasarkan hasil temuan di lapangan.
    - b. Proses penyusunan laporan penelitian



**Gambar 2 Lokasi Titik Sampel Sungai Garang, Semarang**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Total jarak dari Titik 1 hingga 5 adalah 5353 meter. Wilayah penelitian memiliki sungai yang secara umum berupa saluran dan batuan alami. Lingkungan dari wilayah juga berupa pertanian, lahan perkebunan, hanya di bagian terakhir sudah lumayan terdapat pemukiman.

Pengambilan data dilakukan 2 periode, yaitu periode I pada musim Kemarau (bulan November) dan Periode II pada musim hujan (bulan Desember). Berikut adalah hasil dari data hidrolis sungai garang :

Selain dari data hidrolis data Kimia-fisik seperti BOD, DO, pH, dan suhu di kumpulkan. Berikut adalah tabel hasil data kimia-fisik. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 3, dan 4

**Tabel 1. Data hidrolika Periode I**

Titik	rata-rata kedalaman (m)	Rata-rata kecepatan (m/s)	Lebar (m)
1	0.43	0.2	6,54
2	0.2475	0.275	17,9
3	0.3175	0.3	11.2
4	0.27	0.3	5,5
5	0.975	0.15	11.8

**Tabel 2. Data hidrolika Periode II**

Titik	rata-rata kedalaman (m)	Rata-rata kecepatan (m/s)	Lebar (m)
1	0.4066667	0.16666667	6.16
2	0.21	0.24	17.8
3	0.26	0.25	10,7
4	0.2625	0.4	8.17
5	1.0075	0.15	12.2

**Tabel 3. Data Kimia-Fisik Periode I**

Titik	Suhu Air (°C)	Do (mg/L)	BOD (mg/l)	PH
1	28.7	7	20.75	7.7
2	29.3	7.1	18.86	7.6
3	29.5	7.2	16.97	7.7
4	29	7.3	22.63	7.7
5	30.8	7.1	16.97	7.6

**Tabel 4. Data Kimia-Fisik Periode II**

Titik	Suhu Air (°C)	Do (mg/L)	BOD (mg/l)	PH

1	29	5.9	22.63	7.9	pengumpulan data di lapangan, maka kita dapat menghitung nilai $K_2$ berdasarkan 3 persamaan yang dibahas sebelumnya.
2	31.5	6	20.75	7.8	
3	32	6	18.86	7.7	
4	30.2	6.1	28.29	7.8	
5	32.5	5.9	16.97	7.6	
Lindi	28	3.6	118.82	7.9	

Pada wilayah penelitian terdapat titik temu antara air lindi dari TPA dan sungai serta antara titik 3 (sadeng) dan titik 4 (anak Sungai). Pada percampuran tersebut terjadi akumulasi antara debit dan parameter. Dengan persamaan percampuran, maka dapat dihitung kualitas air setelah percampuran dapat dilihat pada tabel 5 dan 6

Dengan persamaan dalam Tinjauan Pustaka dan hasil dari

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai jari-jari hidrolik (H) dalam rangka menemukan model umum dari sungai Garang. Diasumsikan bentuk dari sungai garang adalah setengah lingkaran, maka persamaan dari jari-jari hidrolik adalah :

$$H = \frac{\frac{1}{2} \text{Luas}}{\frac{1}{2} \text{Keliling}} = \frac{\frac{\pi d^2}{8}}{\frac{\pi d}{2}} = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$$

Dimana, r = Kedalaman sungai

Hasil rekapitulasi dari Jari-jari Hidrolis (H), kecepatan (v), dan hasil dari  $K_2$  dapat dilihat pada tabel 11 dan 12

**Tabel 5. Data percampuran T3 dan T4**

Periode	Sadeng				Anak krejo				Wilayah percampuran			
	BOD	DO	Suhu	Q	BOD	DO	Suhu	Q	BOD	DO	Suhu	Q
I	16.97	7.2	29.5	1.0011	22.63	7.3	29	0.4515	18.73	7.23	29.34	1.45
II	18.86	6	31.2	0.693125	28.29	6.1	30.2	0.681938	23.54	6.05	30.70	1.38

**Tabel 6. Data Percampuran T1 dan Lindi**

Periode	Titik TPA				Lindi				Wilayah percampuran			
	BOD	DO	Suhu	Q	BOD	DO	Suhu	Q	BOD	DO	Suhu	Q
II	18.86	5.9	29	0.319317	116.94	3.6	28	0.004444	20.21	5.87	28.99	0.323761

Dengan menggunakan bantuan Program Minitab, yaitu Regression non Linear, maka di dapat model dari wilayah penelitian Sungai Garang adalah

$$K_2 = 5.14418 \frac{v^{0.250544}}{H^{-0.330441}}$$

Dengan mendapat model dari  $K_2$  wilayah Sungai Garang, diperlukan validasi model dengan model lainnya. Hal ini berfungsi untuk memastikan bahwa model hasil perhitungan apakah relevan atau tidak untuk digunakan .

Skoring Model dengan nilai  $K_2$  hasil observasi dilakukan dengan pendekatan statistika dan penyamaan grafik.

Berikut adalah hasil penilaian dan skoring antara  $K_2$  hasil observasi dan .Selanjutnya adalah menjumlah skor dari perbandingan antara Observasi dan model. Yang memiliki jumlah terbesar adalah model yang paling baik, sedangkan yang terendah adalah model yang paling buruk untu Sungai Garang

Penjumlahan dari skoring dapat dilihat pada tabel 7

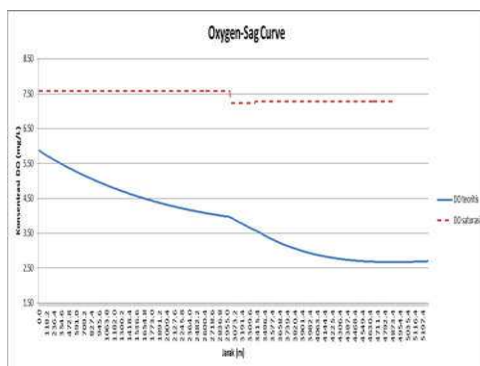


Tabel 7. Rekapitulasi Total dan Peringkat Model

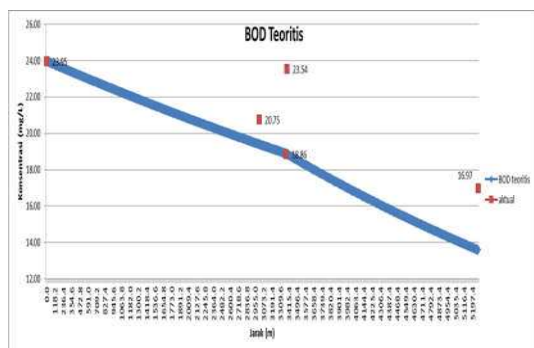
Model	Skoring statistik	Skoring Grafik	Rata-rata	Peringkat Model
Model Garang	14.96	13.54	14.24993	1
atuwara	10.26	9.78	10.01610	5
O'connor and Dobbins	5.13	6.01	5.56859	9
Agunwamba	14.53	13.00	13.76720	2
Jha et al.,	11.97	11.84	11.90219	3
Streeter and Phelps	6.41	6.73	6.56836	8
Baecheler and Lazo	1.28	1.88	1.58273	12
Owens	3.85	5.47	4.65850	10
Bansal	7.69	7.98	7.83719	7
Bennet and Rathburn	2.56	4.30	3.43452	11
Long	12.39	10.76	11.57775	4
Lang Bein and Dururn	8.97	8.70	8.83696	6

Pada hasil tabel 14 dapat dilihat bahwa model yang paling cocok dengan wilayah penelitian adalah Agunwamba, sedangkan model hasil pengamatan atau Model Garang berada pada peringkat kedua. Hal ini bias dikatakan baik, mengingat kecocokan yang berada pada peringkat 2.

Untuk analisa *self purification* digunakan nilai-nilai dari Periode I, dan berikut hasilnya .



Gambar 3. Oxygen-Sag Periode II



Gambar 4. Kurva BOD teoritis Periode II

Hasil perhitungan, ditemukan bahwa DO kritis Periode II terletak pada jarak 4857.4 meter dan ditempuh dalam waktu 433 menit atau 0,3007 hari, dan memiliki DO kritis sebesar 2.67 mg / L. Secara teoritis, limbah lindi dari TPA Jatibarang dapat terdegradasi sempurna sebelum melewati wilayah penelitian. Hal ini dapat dilihat dari titik DO kritis yang masih terletak di Segmen III.

Berdasarkan hasil analisa secara teoritis, baik Periode I maupun Periode II, kondisi wilayah penelitian dapat dikategorikan baik dalam mekanisme Self Purification. Dimana pada periode I, maupun Periode II, titik DO kritis masih terletak di wilayah penelitian, yaitu Segmen III. Dan secara teoritis wilayah penelitian pada Segmen I, dan II dapat dikategorikan Zone of Degradation dan Zone of Active Decomposition . Sedangkan untuk Segmen III dapat dikategorikan sebagai wilayah Zone of Active Decomposition dan Zone of Recovery

## KESIMPULAN

Nilai parameter BOD di dua periode baik hujan maupun kemarau belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Untuk parameter DO untuk periode musim kemarau sudah diatas baku mutu dan memenuhi syarat kelas 1, sedangkan untu periode dua, beberapa titik masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Nilai Koefisien reaerasi ( $K_2$ ) Sungai garang memiliki persamaan

$$K_2 = 5.14418 \frac{V^{0.250644}}{H^{-0.330441}}$$

Adapun Model empiris yang paling cocok dengan Sungai garang adalah model dari Agunwamba (yaitu model sungai yang ada di Nigeria selatan. Bentuk modelnya adalah

Berdasarkan model Garang / penelitian, maka dapat disimpulkan, Semakin besar jari-jari hidrolis (H), semakin besar nilai dari  $K_2$ , begitu juga dengan kecepatan, Semakin besar kecepatan, semakin besar nilai  $K_2$ .

Berdasarkan Skoring membandingkan antara nilai Observasi dan model  $K_2$  didapat bahwa Model Garang merupakan Model yang paling relevan untuk digunakan di Sungai Garang. Adapun Model terburuk yang dihasilkan dari Metode Likert Scale adalah Baecheler dan Lazo. Yang paling mendekati yaitu Model Agunwamba.

DO kritis pada Periode I secara teoritis terletak pada jarak 4337.4 meter dan ditempuh dalam waktu 328 menit atau 0,2778 hari, dan memiliki DO kritis sebesar 4.45 mg / L.

Sedangkan untuk Periode II, diperkirakan DO kritis terletak pada jarak 4857.4 meter dan ditempuh dalam waktu 433 menit atau 0,3007 hari, dan memiliki DO kritis sebesar 2.67 mg / L

Pada Sungai Garang diperkirakan terjadi 3 Proses Self Purification, yaitu *Zone of Degradation*, *Zone of Active Decomposition* (pada Segmen I dan Segmen II) dan *Zone of Recovery* (Pada Segmen III)

#### SARAN

Perlu dilakukan identifikasi dan pengaruh tata guna lahan di sekitar sungai yang lebih dalam terhadap pengaruh kualitas badan air penerima.

Diperlukan penelitian lanjutan terhadap pengaruh morfologi sungai, proses fotosintesis tumbuhan, dan sedimen terhadap nilai dari  $K_2$  dan  $K_1$ . Perlu diperbanyak jumlah dari titik penelitian, sehingga di dapat model dan nilai dari  $K_2$  yang lebih akurat dan tepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggriawan, Denny, Yuni Arisya dan Hanan Hanifah. 2013. *Oksigen Terlarut*. Universitas Padjadjaran. Bandung
- Bennett, J P dan Rathbun, R E . 1972 . *Reaeration in Open-Channel Flow* . United States Government Printing Office . Washington : Amerika
- Brown , Linfield C dan Paul Mac Berthouex. 2002. *Statistics for Environmental Engineers, Second Edition*. Crc Pr Inc . New York
- Agustiniingsih, Dyah . 2006. *Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal*. Undip Press . Semarang

Pratama, M Ridha. 2016. *Study Self Purification Sungai Brantas Akibat Pembuangan Intalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan Gadang, Kota Malang Dengan Metode Streeter-Phelps*. Universitas Brawijaya . Malang

Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kansius. Yogyakarta

Hendrasarie, Novirina dan Cahyarani. 2008. *Kemampuan Self Purification Surabaya, Ditinjau dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Surabaya

Ifabiyi, I. P. 2008. *Self Purification of a Freshwater Stream in Ile-Ife : Lessons for Water Management*. Department of Geography, University Of Ilorin. Nigeria

J.N. Ugbebor ; J.C. Agunwamba ; V.E. Amah . 2012. *Determination Of Reaeration Coefficient  $K_2$  For Polluted Stream As A Function Of Depth, Hydraulic Radius, Temperature And Velocity*. *Nigerian Jurnal of Technology*. Port Harcourt.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air

Kismiantini . 2011. *Handout Statistika Lanjut*. Universitas Negeri Yogyakarta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Yogyakarta.

Lee C C; Lin, Shun Dar, dkk. 2000. *Handbook Of Environmental Engineering Calculation* .Mc Grawhill . Amerika.

Nazir, Mohammad. 1988. *Metode Penelitian* . Ghalia Indonesia. Jakarta

Omole, David Olugbenga . 2011. *Evaluation Of Water Quality Modelling Parameters: Towards The Evolvment*





- Of Re-Aeration Coefficient For Rivers In The Nigerian Environment*. Covenant University, Ota, Ogun State . Nigeria.
- Uebersax, J.S. 2006. Likert Scales: Dispelling the Confusion. Statistical Methods for Rater Agreement. Available at <http://ourworld.compuserve.com/home/page/jsuebersax/likert2.htm>
- Page-Buchi, H. 2003. *The Value of Likert Scales in Measuring Attitudes of Online Learners*. Available at <http://www.hkadesigns.co.uk/websites/msc/remel/likert.htm>
- Pan, Jianbiao (John) . 2010. *Minitab Tutorials for Design and Analysis of Experiments*.
- Punmia, B.C. dan Ashok Jain. 1998. *Wastewater Engineering (Including Air Pollution)*. Laxmi Publications (P) Ltd. New Delhi
- Rahmat Randy Arbie. 2015 . Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source : Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta). UNDIP. Semarang
- Razif, Mohammad. 1994. Penentuan Konstanta Kecepatan Deoksigenasi, Reaerasi, dan Sedimentasi Disepanjang Sungai dengan Simulasi Komputer. ITS. Surabaya
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta
- Sugiyono .2006. Statistik Untuk penelitian. CV. Alfabeta . Bandung
- Suriasumantri, Jujun S. 2003. Filsafat Ilmu Sebuah Pengantar Populer. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta
- Tian, Shimin, Zhaoyin Wang dan Honxia Shang. 2011. *Study on the Self-purification of Juma River*. Elsevier Ltd. Beijing.
- Wardhana, Wisnu Arya.2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [www.accuweather.com](http://www.accuweather.com)